

Universidade de Lisboa  
Faculdade de Medicina Dentária



**Influência de diferentes matrizes oclusais na profundidade de  
polimerização de uma resina composta: Análise de  
microdureza Knoop.**

João Francisco Pitta Esteves Pires Lopes

Mestrado Integrado em Medicina Dentária

2013



Universidade de Lisboa  
Faculdade de Medicina Dentária



**Influência de diferentes matrizes oclusais na profundidade de  
polimerização de uma resina composta: Análise de  
microdureza Knoop.**

João Francisco Pitta Esteves Pires Lopes

Dissertação orientada pela Prof. Doutora Sofia Arantes e Oliveira

Mestrado Integrado em Medicina Dentária

2013



## **Agradecimentos**

Expresso os meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que, de forma direta ou indireta, tornaram possível a realização deste trabalho.

À Professora Doutora Sofia Arantes e Oliveira, minha orientadora, dirijo um especial agradecimento pela confiança e incentivo que me concedeu na realização deste estudo laboratorial. Não esqueço a grande disponibilidade e incansável apoio prestado em todos os momentos deste trabalho.

Ao Professor Doutor Jaime Portugal pelas sugestões que contribuíram sem dúvida para o enriquecimento e rigor deste estudo.

Ao Gonçalo Barragán e à Joana Fróis pela grande ajuda e disponibilidade na execução laboratorial.

À Maria e à Rita pelo apoio e conselhos na revisão desta dissertação.

Ao Frederico, grande amigo e que me acompanhou de perto no laboratório no decorrer deste trabalho, um especial obrigado por todo o apoio e incentivo.

Aos meus colegas e sobretudo amigos, David, Gonçalo, Mafalda, Marta, Luís, Teresa e Tiago por toda a vivência e bons momentos partilhados ao longo deste percurso.

A todos os meus amigos pela amizade, carinho e bons momentos passados.

Finalmente à minha família, principalmente aos meus pais e irmãs pela seu papel ativo, valores transmitidos e exemplo na minha formação como pessoa.



## **Resumo**

**Objetivo:** Determinar a influência de três materiais com a função de matriz oclusal, na profundidade de polimerização de uma resina composta, e avaliar se permitem evitar a inibição da polimerização da camada superficial da resina por parte do oxigênio.

**Materiais e métodos:** Cem espécimes de resina composta (Grandio®SO; VOCO) com 2 mm de espessura, foram fotopolimerizados durante 20 segundos com um LED (800 mW/cm<sup>2</sup>) através da interposição do material em estudo. Os materiais utilizados (Registrado Clear; VOCO, Memosil® 2; Heraeus Kulzer e Bite-perf®; BITEPERF Dental Products) foram preparados com 1 e 2 mm de espessura. Para os grupos em que se utilizou uma matriz de acetato e sem tira de acetato, a ponta da luz foi afastada 1 e 2 mm. Desta forma foram testados dez grupos (n=10) segundo o material e a distância da luz. Após 24 horas efetuaram-se testes de microdureza Knoop na base e no topo dos espécimes. Os dados foram tratados com uma MANOVA de duas dimensões, seguindo-se testes estatísticos *post-hoc*, pelo método de Tukey, estabelecendo-se 5% como nível de significância.

**Resultados:** Os grupos em que se utilizou a tira de acetato obtiveram valores de microdureza Knoop no topo estatisticamente superiores ( $p<0,05$ ) aos obtidos nos outros grupos. Para a análise, o grupo do Bite-perf alcançou valores estatisticamente inferiores em relação à utilização de acetato, mas superiores aos restantes grupos ( $p<0,05$ ). Para a base, o grupo do Bite-perf apresentou valores de microdureza estatisticamente inferiores em relação a todos os outros grupos ( $p<0,05$ ). Os restantes valores de microdureza da base não foram significativamente diferentes ( $p\geq 0,05$ ).

**Conclusões:** De acordo com os resultados deste estudo *in vitro*, pode concluir-se que o Bite-perf foi o único material que interferiu com a polimerização em profundidade da resina composta e o único que indicia prevenir a inibição da polimerização pelo oxigênio.

**Palavras-chave:** matriz oclusal; luz fotopolimerizadora LED; resina composta; microdureza Knoop; profundidade de polimerização; inibição da polimerização pelo oxigênio.

## **Abstract**

**Objective:** The purpose of this study is to evaluate the influence of using three occlusal matrix materials in the resin composite depth of cure. Furthermore, we intend to determine if the application of these materials could prevent the oxygen-inhibited layer of the composite surface.

**Materials and Methods:** One-hundred composite (Grandio®SO; VOCO) specimens, 2 mm thick, were light-cured for 20 seconds with a LED device (800 mW/cm<sup>2</sup>) through the study matrix materials (Registrado Clear; VOCO, Memosil® 2; Heraeus Kulzer e Bite-perf®; BITEPERF Dental Products) previously prepared with 1 and 2 mm of thickness. In the groups where a mylar strip and no mylar strip were used, the light-cure tip was placed at 1 and 2 mm away from the resin surface. The specimens were divided into ten groups (n=10) depending on the material and light-cure tip distance. After 24 hours of storage, Knoop microhardness measurements were performed at top and bottom surface. The data was analyzed with a two-way MANOVA followed by the Tukey post-hoc test. Statistical testing was performed at a 0.05 level of significance.

**Results:** The mylar strip groups showed the highest ( $p<0.05$ ) Knoop hardness values on top surface. The Bite-perf groups showed lower values comparing to the mylar strip groups, but higher than the other groups ( $p<0.05$ ). On the bottom surface, the Biteperf group presented the lowest values ( $p<0.05$ ). There were no statistically significant differences between the values obtained from the other groups ( $p\geq 0.05$ ).

**Conclusions:** This in vitro study allows us to conclude that the Bite-perf was the only material that influenced the resin composite depth of cure and the only that seems to prevent the oxygen-inhibited layer of the composite top surface.

**Keywords:** occlusal matrix; LED dental curing light; resin composite; Knoop microhardness; depth of cure; oxygen-inhibited layer.



## **Índice**

Agradecimentos .....	i
Resumo .....	iii
Abstract.....	iv
Lista de Tabelas .....	vii
Lista de Figuras .....	viii
1. Introdução.....	1
2. Objetivos .....	4
3. Materiais e Métodos .....	6
3.1 Materiais utilizados .....	6
3.2 Preparação dos espécimes .....	7
3.3 Testes de microdureza.....	9
3.4 Análise estatística .....	11
4. Resultados .....	12
5. Discussão.....	15
6. Conclusões .....	20
Referências Bibliográficas.....	21
Anexo A - Tabelas.....	I
Anexo B - Figuras .....	V



## **Lista de Tabelas**

<b>Tabela 1:</b> Distribuição dos grupos segundo o material utilizado e a distância da luz à superfície da resina composta. ....	8
<b>Tabela 2:</b> Análise de Multivariância (MANOVA) com duas variáveis dependentes (dureza Knoop no topo e dureza Knoop na base) e duas variáveis independentes (material da matriz e distância da luz).....	13
<b>Tabela A. 1:</b> Estatística descritiva dos valores de microdureza Knoop ( <i>KHN</i> ) no topo e na base. ....	II
<b>Tabela A. 2:</b> Teste de Kolmogorov-Smirnov, para avaliação da normalidade. ....	IV
<b>Tabela A. 3:</b> Teste de Levene, para avaliação da homogeneidade de variâncias. ....	IV
<b>Tabela A. 4:</b> Teste <i>post-hoc</i> pelo método de Tukey para os valores de microdureza na base dos espécimes. ....	IV
<b>Tabela A. 5:</b> Teste <i>post-hoc</i> pelo método de Tukey para os valores de microdureza no topo dos espécimes. ....	IV

## **Lista de Figuras**

<b>Figura 1:</b> Materiais estudados. A – Registrado Clear; B – Memosil® 2; C – Bite-perf®. ....	6
<b>Figura 2:</b> Resina composta utilizada: Grandio®SO cor A3. ....	6
<b>Figura 3:</b> A – Fotopolimerizador Ortholux™ LED Curing Ligth; B – Radiômetro Bluephase® meter. ....	7
<b>Figura 4:</b> Materiais usados como matriz. ....	7
<b>Figura 5:</b> Sequência de preparação dos espécimes. ..	9
<b>Figura 6:</b> Microdurômetro Duramin 5. ....	10
<b>Figura 7:</b> Medição da maior diagonal da indentação deixada na superfície do compósito.....	10
<b>Figura 8:</b> Valores médios (desvio padrão) de microdureza Knoop ( <i>KHN</i> ) no topo e na base dos espécimes, para os vários materiais e a diferentes distâncias da luz (n=10). ....	12
<b>Figura 9:</b> Valores médios (desvio padrão) de microdureza Knoop ( <i>KHN</i> ) no topo e na base, comparando os vários materiais, independentemente da distância da luz (n=20).....	14
 <b>Figura B. 1:</b> Imagem de microscopia ótica com ampliação 10x (Duramin 5, Struers AVS) das superfícies dos vários materiais de matriz estudadas. ....	VI
 <b>Figura B. 2:</b> Imagem de microscopia ótica com ampliação 40x (Duramin 5, Struers AVS) da superfície de topo da resina composta (GrandioSO) polimerizada através das várias matrizes estudadas. ....	VI

## **Abreviaturas**

H<sub>2</sub> – hidrogénio

LED – díodos emissores de luz (*light-emitting diode*)

MANOVA – Análise de Variância Multivariada (*Multivariate analysis of variance*)

O<sub>2</sub> – oxigénio

PVS – polivinilsiloxanos

## **Símbolos**

% – percentagem

$n$  – tamanho da amostra

$p$  – significância estatística

## **Unidades**

$gf$  – unidade de Força (grama-força)

$KHN$  - unidade de microdureza Knoop

$mN$  – unidade de Força (milinewton)

$mW/cm^2$  – unidade de intensidade de radiação (microwatt por centímetro quadrado)

$^{\circ}C$  – unidade de temperatura (graus Celsius)

## **1. Introdução**

Ao longo dos últimos anos, as resinas compostas foram sofrendo significativas melhorias nas suas propriedades, o que tem permitido a sua utilização com resultados clínicos favoráveis, não só em dentes anteriores como também em dentes posteriores (Ferracane, 2011). As suas propriedades físicas ao nível da resistência mecânica conseguem cada vez mais aproximar-se das da amálgama, com a grande vantagem de permitirem uma estética claramente superior e de preservarem a estrutura dentária (Ferracane, 2011; Demarco, 2012). Para além disso, estudos clínicos já demonstram também longevidades aproximadas para restaurações com os dois materiais (Heintze & Rousson, 2012). Assim, nos casos em que se pretende restaurar pequenas cavidades classe I e II, com margens em esmalte, em pacientes de baixo a moderado risco de cárie e onde é possível um isolamento adequado do campo operatório, a resina composta é o material indicado (Burgess, 2002; Demarco, 2012; Heintze & Rousson, 2012).

No entanto, é importante não esquecer a sensibilidade da técnica inerente à sua manipulação (Sadowsky, 2006), sobretudo pela dificuldade e tempo necessário para esculpir uma morfologia oclusal perfeita (Baratieri, 1996; Castro et al., 1997; Hamilton, 1998; Goracci & Mori, 1999; Leni, 2001; Margraf, 2008; Geddes et al., 2009), ou estabelecer pontos de contacto. Estes fatores são muito importantes para a estabilidade da oclusão do paciente (Liebenberg, 1996; Leni, 2001) mas são, muitas vezes, negligenciados pelo clínico. A necessidade, quase obrigatória, de polimento para a melhoria da qualidade da restauração, aumenta ainda mais o tempo dispendido, podendo conduzir também a um desgaste accidental da estrutura dentária (Castro et al., 1997; Margraf, 2008).

Em muitos casos, sobretudo em dentes posteriores de pacientes jovens, as lesões de cárie primárias podem apresentar uma morfologia oclusal íntegra (Liebenberg, 1996) apesar de a lesão ultrapassar a junção amelo-dentinária em profundidade. Para estas situações tem sido descrita na literatura, uma técnica que se baseia na utilização de matrizes oclusais que permitem mimetizar a morfologia original do dente, tirando partido da situação clínica existente antes da necessária destruição dessa superfície, de forma a remover a dentina cariada subjacente.

Esta técnica é recomendada sobretudo para restaurações classe I (Liebenberg, 1996; Baratieri, 1996; Castro et al., 1997; Goracci & Mori, 1999; Leni, 2001; Margraf, 2008; Geddes et al., 2009) e classe II em lesões de cárie primárias (Baratieri, 1996; Castro et al., 1997; Goracci & Mori, 1999; Leni, 2001; Margraf, 2008), sendo que alguns autores a descreveram também para *inlays* e *onlays* diretos (Baratieri, 1996; Leni, 2001) e substituição de restaurações em amálgama (Baratieri, 1996). Apresenta como principais vantagens, a reprodução exata da morfologia original do dente (Liebenberg, 1996; Baratieri, 1996; Castro et al., 1997; Hamilton, 1998; Goracci & Mori, 1999; Leni, 2001; Margraf, 2008; Geddes et al., 2009; Martos, 2010; Dekon et al., 2011; Mackenzie, 2012) diminuindo o risco de prematuridades (Baratieri, 1996; Goracci & Mori, 1999; Margraf, 2008), o desenvolvimento de uma superfície de rugosidade semelhante ao dente (Hamilton, 1998; Leni, 2001) e uma menor incidência de defeitos/poros na superfície (Liebenberg, 1996; Hamilton, 1998; Geddes et al., 2009; Dekon et al., 2011). Estas vantagens traduzem-se numa melhor qualidade da restauração (Liebenberg, 1996; Dekon et al., 2011), para além de se reduzir o tempo necessário para remoção de excessos e polimento (Liebenberg, 1996; Baratieri, 1996; Hamilton, 1998; Goracci & Mori, 1999; Leni, 2001; Margraf, 2008; Geddes et al., 2009; Dekon et al., 2011) e, por conseguinte, se reduzir também o tempo clínico (Baratieri, 1996; Castro et al., 1997; Goracci & Mori, 1999; Margraf, 2008; Geddes et al., 2009; Martos, 2010; Dekon et al., 2011; Mackenzie, 2012).

Clinicamente, a matriz oclusal deverá ser confeccionada previamente à remoção da lesão de cárie e, idealmente, enquanto se aguarda pelo efeito da anestesia, de modo a rentabilizar melhor o tempo (Liebenberg, 1996; Hamilton, 1998). Já na fase final da restauração, justamente antes da polimerização da última camada de compósito, a matriz oclusal deve ser novamente colocada *in situ*, efetuadando-se a fotopolimerização através da mesma. Liebenberg (1996) sugere a criação de um canal de escape para o material, de modo a serem eliminados todos os excessos antes da polimerização. Muitos autores referem a importância de voltar a fotopolimerizar após a remoção da matriz oclusal, de modo a assegurar uma correta polimerização do compósito (Liebenberg, 1996; Baratieri, 1996; Castro et al., 1997; Hamilton, 1998; Goracci & Mori, 1999; Leni, 2001; Margraf, 2008; Dekon et al., 2011; Mackenzie, 2012). Esta recomendação parece resultar do facto de não se saber com precisão até que ponto é que o material permite uma eficaz transmissão da luz do fotopolimerizador. Para além disso, utilizando um

material interposto, a distância da luz à superfície a polimerizar é aumentada, havendo um decréscimo da sua intensidade (Meyer et al., 2002), podendo levar a uma diminuição da profundidade de polimerização da resina composta (Aravamudhan et al., 2006; Rode et al., 2007; Krämer et al., 2008).

Alguns autores sugerem também que a utilização da matriz permite evitar o contacto do oxigénio (O<sub>2</sub>) com a camada superficial da resina composta (Liebenberg, 1996; Hamilton, 1998; Margraf, 2008; Geddes et al., 2009; Martos, 2010; Dekon et al., 2011; Mackenzie, 2012), prevenindo assim a sua inibição, que ocorreria devido à oxidação dos radicais livres de monómero em formas pouco reativas, retardando ou mesmo terminando a reação de polimerização (Gauthier et al., 2005; Shawkat et al., 2009). Se esta ausência de contacto com o O<sub>2</sub> se verificar, consegue obter-se uma polimerização da superfície oclusal mais eficaz e, consequentemente, uma melhor qualidade clínica da restauração (Shawkat et al., 2009). Contudo não foram encontrados estudos laboratoriais que demonstrem esta exclusão do contacto com o O<sub>2</sub>.

Quanto aos materiais utilizados, os mais referidos na literatura são os polivinilsiloxanos (PVS), também conhecidos como silicones de adição, transparentes e utilizados para registo oclusal (Registrado Clear e Memosil® 2), e o Bite-perf®, dispositivo fabricado propositadamente para ser usado como matriz (Liebenberg, 1996; Castro et al., 1997; Hamilton, 1998; Goracci & Mori, 1999; Margraf, 2008; Geddes et al., 2009; Martos, 2010; Dekon et al., 2011; Mackenzie, 2012). Estão também documentados casos em que se utilizaram outros materiais tal como: resinas fotopolimerizáveis indicadas para restaurações provisórias, como o Fermit N (IvoclarVivadent), Bioplic (Biodinâmica), Clip (VOCO) ou Systemp inlay-onlay (IvoclarVivadent) (Margraf, 2008); resina acrílica transparente (Duralay colorless; Resilience) (Baratieri, 1996); e resina composta (Leni, 2001).

Apesar dos vários casos clínicos reportados, não existe qualquer estudo laboratorial publicado que demonstre a eficácia da fotopolimerização através destes materiais. Assim, de pouco servirá aplicar esta técnica se a profundidade de polimerização da resina composta não for adequada.



## **2. Objetivos**

Este estudo tem como objetivo geral determinar se a utilização de três materiais (Registrado Clear, Memosil 2 e Bite-perf) interpostos entre o fotopolimerizador e a resina composta, com a função de matriz oclusal, afeta a polimerização de uma resina composta, e se permite evitar a inibição da camada superficial da resina composta por parte do O<sub>2</sub>.

Este objetivo geral foi concretizado nos seguintes objetivos específicos:

1. Analisar a influência da utilização de uma matriz oclusal na profundidade de polimerização de uma resina composta, através da comparação de valores absolutos de microdureza na base dos espécimes, de acordo com as seguintes hipóteses:

H<sub>0</sub>: A profundidade de polimerização não é influenciada pela utilização de uma matriz oclusal.

H<sub>1</sub>: A profundidade de polimerização é influenciada pela utilização de uma matriz oclusal.

2. Analisar a influência do tipo de material utilizado como matriz oclusal, na profundidade de polimerização de uma resina composta, através da comparação de valores absolutos de microdureza na base dos espécimes, de acordo com as seguintes hipóteses:

H<sub>0</sub>: A profundidade de polimerização não é influenciada pelo tipo de material utilizado como matriz oclusal.

H<sub>1</sub>: A profundidade de polimerização é influenciada pelo tipo de material utilizado como matriz oclusal.

3. Analisar a influência da espessura da matriz oclusal, na profundidade de polimerização de uma resina composta, através da comparação de valores absolutos de microdureza na base dos espécimes, de acordo com as seguintes hipóteses:

$H_0$ : A profundidade de polimerização não é influenciada pela espessura da matriz oclusal.

$H_1$ : A profundidade de polimerização é influenciada pela espessura da matriz oclusal.

4. Analisar a influência da utilização de uma matriz oclusal, na prevenção da inibição da polimerização superficial da resina composta, através da comparação dos valores absolutos de microdureza no topo dos espécimes, de acordo com as seguintes hipóteses:

$H_0$ : A polimerização superficial não é influenciada pela utilização de uma matriz oclusal.

$H_1$ : A polimerização superficial é influenciada pela utilização de uma matriz oclusal.

### 3. Materiais e Métodos

#### 3.1 Materiais utilizados

Para este estudo foram utilizados dois polivinilsiloxanos, que têm como principal indicação o registo oclusal: Registrado Clear (VOCO GmbH, Cuxhaven, Alemanha; lote nº 1212271; Prazo de validade: 02-2014) e Memosil® 2 (Heraeus Kulzer GmbH, Hanau, Alemanha; lote nº 385030; Prazo de validade: 08-2014), e um material especificamente comercializado para ser utilizado como matriz oclusal, constituído por uma base de policarbonato e uma face com material de impressão termoplástico composto por polietileno modificado: Bite-perf® (BITEPERF Dental Products, Málaga, Espanha) (Figura 1).



**Figura 1:** Materiais estudados. A – Registrado Clear; B – Memosil® 2; C – Bite-perf®

De modo a testar a eficácia destes materiais para esta indicação foi escolhida uma resina composta nanohíbrida Grandio®SO (VOCO GmbH, Cuxhaven, Alemanha; lote nº 1203265; Prazo de validade: 07-2014), cor A3, (Figura 2).



**Figura 2:** Resina composta utilizada: Grandio®SO cor A3.

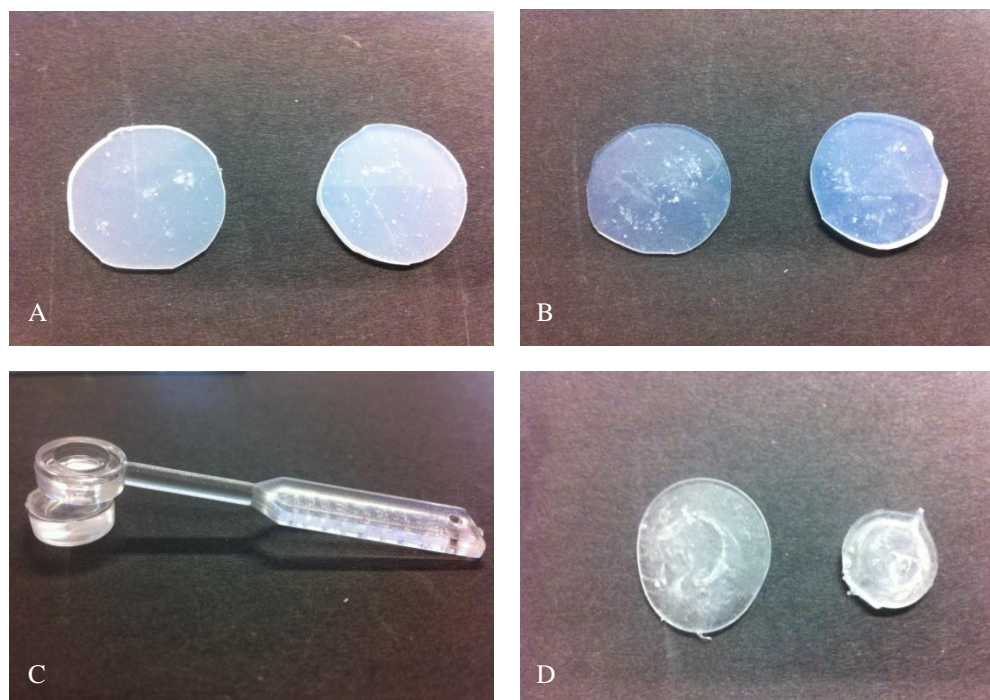
Foi utilizado um fotopolimerizador de díodos emissores de luz (LED) (Ortholux™ LED Curing Ligth, nº série 939830002571, 3M Unitek GmbH, Seefeld, Alemanha) (Figura 3.A). A intensidade da luz emitida foi verificada imediatamente antes da fotopolimerização de cada grupo experimental, durante 10 segundos com um radiómetro (Bluephase® meter, nº série 001390, Ivoclar Vivadent, Schann, Liechtenstein) (Figura 3.B), sendo a intensidade de  $800 \text{ mW/cm}^2$ .



**Figura 3:** A – Fotopolimerizador Ortholux™ LED Curing Ligth; B – Radiômetro Bluephase® meter.

### 3.2 Preparação dos espécimes

Confeccionaram-se matrizes de Registrado Clear e Memosil 2 com 1 mm e 2 mm de espessura. Relativamente ao material Bite-perf, uma vez que está inserido num dispositivo próprio, foi removida a porção central termoplástica do dispositivo, sendo posteriormente aquecida e moldada de forma a produzir as matrizes com as espessuras de 1 mm e 2 mm (Figura 4). A espessura das matrizes foi controlada com uma craveira digital (Digimatic Caliper, nº série 500-120, Mitutoyo, Japão). Foram registadas imagens de microscopia ótica (ampliação 10x) (Duramin 5, Struers AVS) das superfícies destes materiais, bem como da tira de acetato (Figura B.1 em anexo).



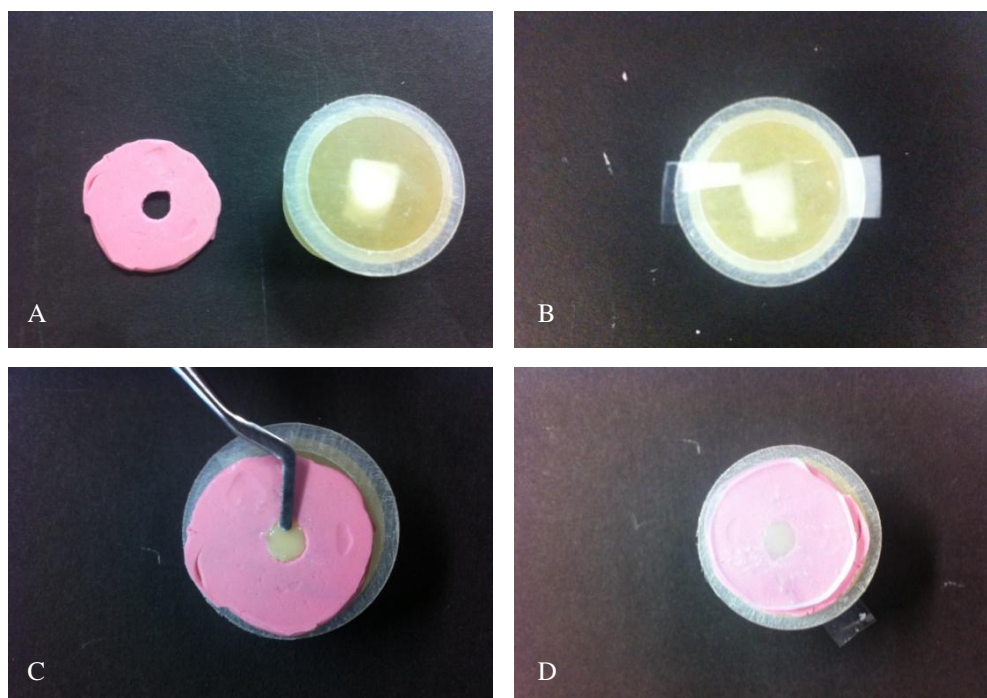
**Figura 4:** Materiais usados como matriz. **A** - Matriz de Registrado Clear com 1 mm (esq) e 2 mm (dir) de espessura; **B** – Matriz de Memosil 2 com 1 mm (esq) e 2 mm (dir) de espessura; **C** – Dispositivo Biteperf com porção termoplástica removida; **D** – Matriz de Bite-perf com 1 mm (esq) e 2 mm (dir) de espessura.

Foram preparados cem espécimes, sendo divididos por dez grupos experimentais ( $n=10$ ), de acordo com a utilização da matriz e com a respetiva espessura ou distância da luz durante a fotopolimerização. Em todos os espécimes a superfície de topo da resina foi alisada com uma espátula de modo a ficar o mais lisa possível. Nos grupos em que se aplicou uma tira de acetato de modo a isolar o contato com o  $O_2$  (Grupos 1 e 2), e não se aplicou a tira de acetato (Grupos 3 e 4), a luz foi mantida a uma distância de 1 mm e 2 mm. Para cada material (Registrado Clear, Memosil 2, Bite-perf) e respetiva espessura de 1 mm ou 2 mm, foi identificado um grupo (Grupo 5, 6, 7, 8, 9, 10), sendo que nestes o material de matriz foi colocado diretamente sobre a resina composta, não se aplicando a tira de acetato sobre o espécime. A distribuição dos grupos encontra-se descrita na Tabela 1.

Grupo	Material	Espessura (mm)	Distância da luz (mm)
1	<b>Com tira de acetato</b> (sem material)	-	1
2		-	2
3	<b>Sem tira de acetato</b> (sem material)	-	1
4		-	2
5	<b>Registrado Clear</b>	1	1
6		2	2
7	<b>Memosil 2</b>	1	1
8		2	2
9	<b>Bite-perf</b>	1	1
10		2	2

**Tabela 1:** Distribuição dos grupos segundo o material utilizado e a distância da luz à superfície da resina composta.

Os espécimes de resina composta de forma cilíndrica com 5 mm de diâmetro e 2 mm de altura foram preparados com um molde de silicone de consistência *putty*. O anel foi aplicado sobre um dente incisivo central superior, previamente montado num bloco de acrílico, de forma a que ficasse exposta a sua face vestibular e, assim, funcionar como fundo refletor de luz. Entre o dente e o anel colocou-se uma tira de acetato de maneira a evitar a adesão de compósito ao dente (Figura 5).



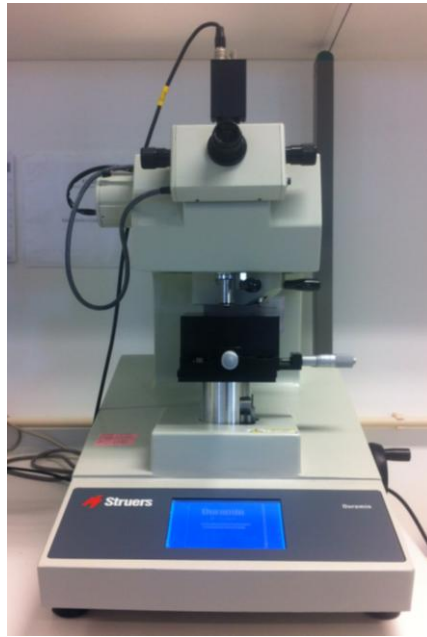
**Figura 5:** Sequência de preparação dos espécimes. **A** – anel de silicone e dente incisivo central superior incluído num bloco de acrílico; **B** – tira de acetato colocada por cima do dente; **C** – condensação do compósito; **D** – matriz colocada imediatamente sobre o espécime de compósito antes de fotopolimerizar.

Cada espécime foi polimerizado com a fonte de luz selecionada durante 20 segundos, seguindo as recomendações do fabricante. Em cada espécime foram identificadas duas superfícies distintas: topo (a mais próxima da fonte de luz) e base (a mais afastada da fonte de luz).

Imediatamente após a fotopolimerização, os espécimes foram armazenados numa câmara escura, a 37 °C de humidade relativa, durante 24 horas.

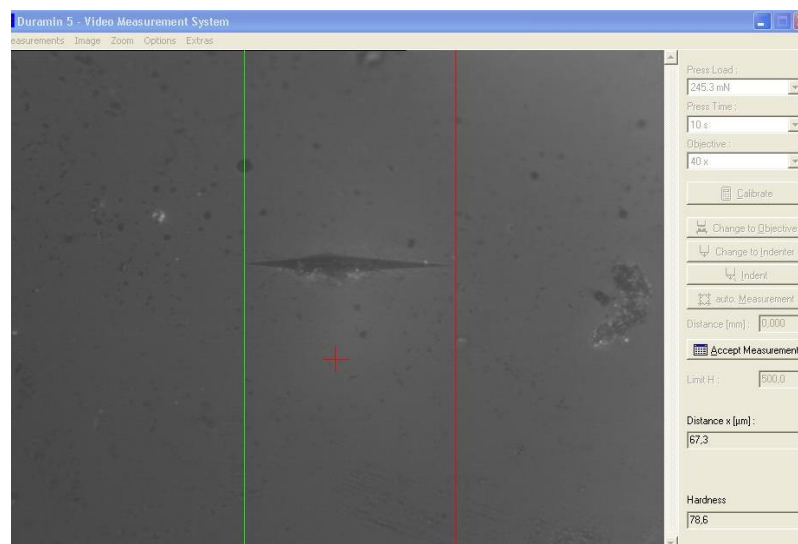
### 3.3 Testes de microdureza

Os testes de microdureza Knoop foram realizados com um microdurómetro (Duramin 5, nº série 5655187, Struers AVS, Ballerup, Dinamarca) (figura 6), com um tempo de indentação de 10 segundos e uma carga de 245,3 *mN*, que equivale a aproximadamente 25 *gf*. 24 horas depois da confeção dos espécimes. Efetuaram-se três indentações em cada superfície, topo e base, respeitando a mesma distância entre elas.



**Figura 6:** Microdurômetro Duramin 5.

Após a remoção da carga, fez-se a medição da maior diagonal da indentação em forma de losango deixada na superfície do composto (Figura 7). Com esta medição obteve-se, imediatamente através do *software* associado ao microdurômetro (Duramin 5; Struers AVS) o número de dureza Knoop (*KHN*), ou seja, o valor de microdureza de cada indentação.



**Figura 7:** Medição da maior diagonal da indentação deixada na superfície do composto.

De forma a poder comparar a superfície da resina composta com a superfície da matriz, foram registadas imagens de microscopia ótica da superfície do topo dos espécimes depois de polimerizados sob uma matriz (ampliação 40x) (Duramin 5, Struers AVS) (Figura B.2 em anexo).

### 3.4 Análise estatística

Os dados obtidos foram inseridos numa base de dados e analisados estatisticamente com uma aplicação informática – SPSS for Windows®, versão 21.0 (SPSS Inc. Chicago, IL 60606, EUA).

Inicialmente foi efetuada a análise estatística descritiva dos valores de microdureza de Knoop. Para cada grupo experimental foi calculada a média, o desvio padrão e os valores máximo e mínimo obtidos (Tabela A.1 em anexo). O teste de Kolmogorov-Smirnov foi utilizado para avaliação da normalidade e o teste de Levene para análise da homogeneidade de variâncias de forma a avaliar a possibilidade de utilização de testes estatísticos paramétricos.

Os valores de microdureza foram tratados com uma análise de multivariância de duas dimensões (MANOVA). Como variáveis independentes foram utilizadas a distância da luz e o material de matriz. Os valores de microdureza de Knoop no topo e na base dos espécimes foram as variáveis dependentes.

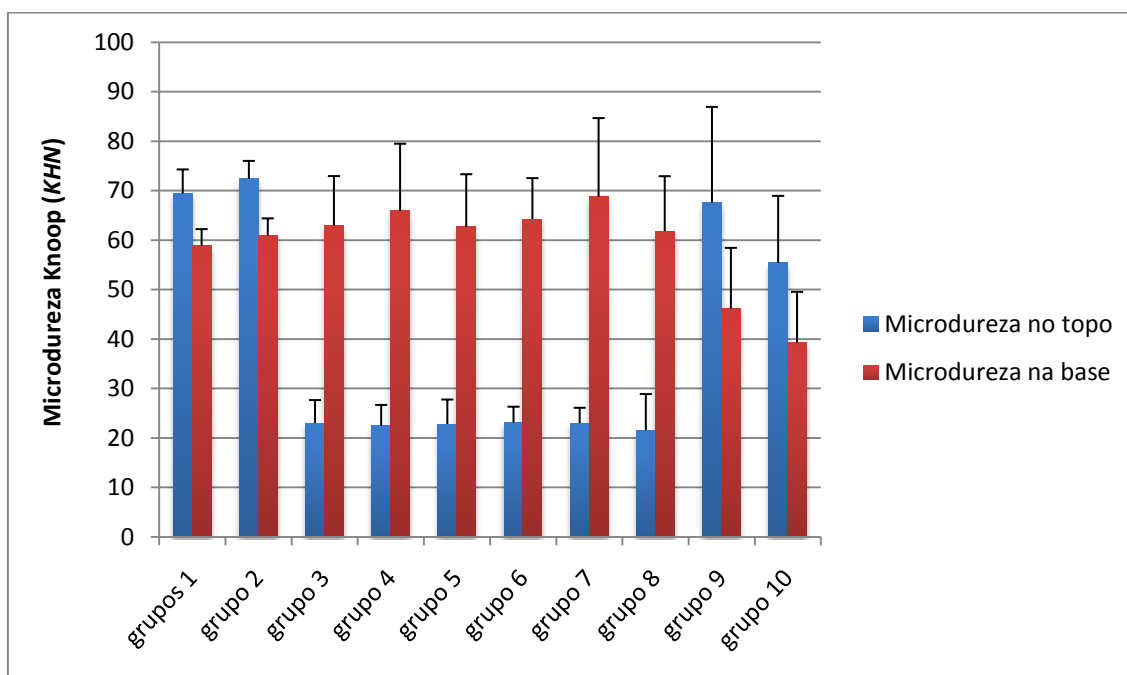
Seguiram-se testes estatísticos *post-hoc*, segundo o método de Tukey, para comparação dos diferentes grupos experimentais.

O nível de significância estatística ( $\alpha$ ) foi fixado em 5%.



## 4. Resultados

A Figura 8 apresenta os valores médios (desvio padrão) de microdureza Knoop no topo e base, para cada material a 1 mm e 2 mm de distância da luz, a partir dos valores obtidos representados na Tabela A.1 (em anexo).



**Figura 8:** Valores médios (desvio padrão) de microdureza Knoop (*KHN*) no topo e na base dos espécimes, para os vários materiais e a diferentes distâncias da luz ( $n=10$ ). **Grupo 1:** Com tira de acetato; luz a 1 mm; **Grupo 2:** Com tira de acetato; luz a 2 mm; **Grupo 3:** Sem tira de acetato; luz a 1 mm; **Grupo 4:** Sem tira de acetato; luz a 2 mm; **Grupo 5:** Registrado Clear com 1 mm; **Grupo 6:** Registrado Clear com 2 mm; **Grupo 7:** Memosil 2 com 1 mm; **Grupo 8:** Memosil 2 com 2 mm; **Grupo 9:** Bite-perf com 1 mm; **Grupo 10:** Bite-perf com 2 mm.

Os valores médios de microdureza no topo variaram entre 21,56 *KHN* e 72,38 *KHN*. O grupo experimental que apresentou um maior valor absoluto de microdureza de Knoop no topo foi o Grupo 2 (Com tira de acetato com luz a 2 mm). Por sua vez, o valor mais baixo foi registrado no Grupo 8 (Memosil 2 com 2 mm de espessura).

Os valores médios de microdureza na base variaram entre 39,31 *KHN* e 65,79 *KHN*, com o valor mais alto a corresponder ao Grupo 4 (Sem tira de acetato com luz a 2mm), e o mais baixo ao Grupo 10 (Bite-perf com 2 mm de espessura).

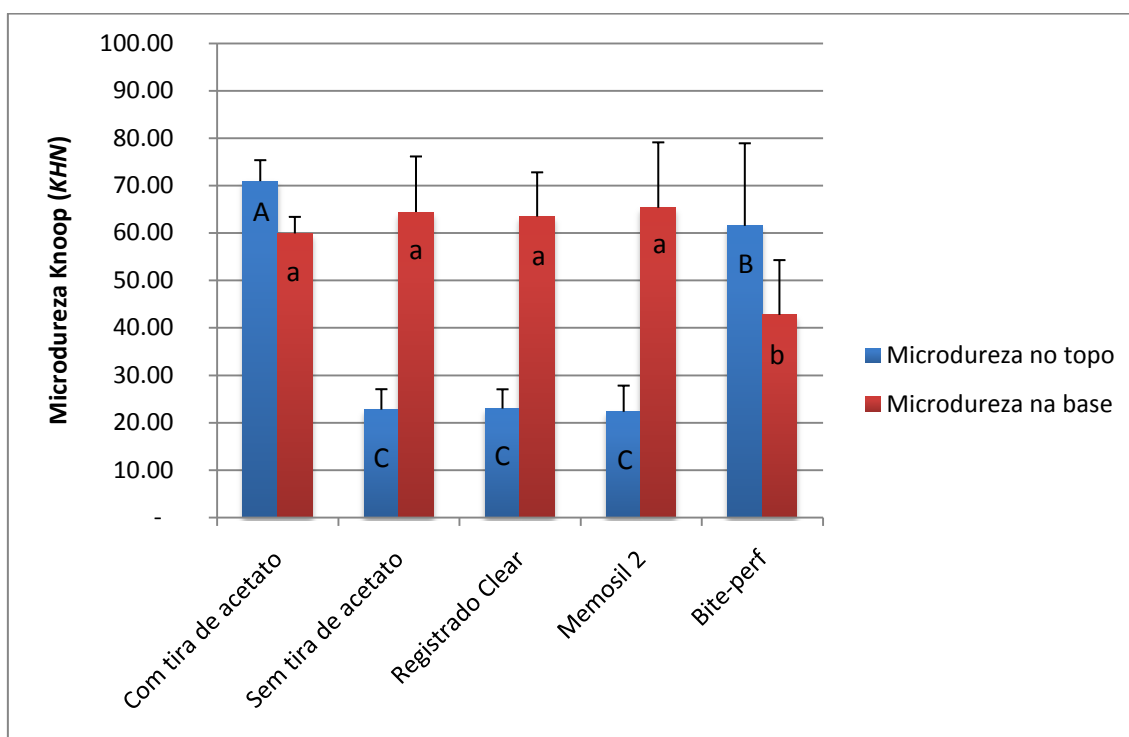
Verificados os pressupostos da normalidade pelo teste de Kolmogorov-Smirnov ( $p \geq 0,05$ ; Tabela A.2 em anexo) e da homogeneidade de variâncias, pelo teste de Levene ( $p \geq 0,05$ ; Tabela A3 em anexo), aplicou-se um teste MANOVA a duas variáveis independentes (material de matriz oclusal e distância da luz) e a duas variáveis dependentes (microdureza Knoop no topo e na base dos espécimes). Foram encontradas diferenças estatisticamente significativas ( $p < 0,05$ ) no efeito isolado do tipo de material utilizado, mas não foram encontradas diferenças ( $p \geq 0,05$ ) no efeito isolado da distância da luz e não foi registada qualquer interação entre os fatores estudados. Assim, os valores da distância da luz foram associados num só grupo, passando a ser contabilizados 20 espécimes por grupo ( $n=20$ ).

Fonte de variação		GL	SQ	QM	Valor F	Valor p
Material	base	4	6045,115	1511,279	16,088	0,000
	topo	4	46361,255	11590,314	158,659	0,000
Distância	base	1	49,252	49,252	0,525	0,471
	topo	1	119,618	119,618	1,637	0,204
Material*Distância	base	4	495,678	123,920	1,319	0,269
	topo	4	685,167	171,292	2,345	0,061
Residual	base	90	8454,631	93,940		
	topo	90	6574,655	73,052		

GL – Graus de liberdade; SQ – Soma de quadrados tipo III; QM – Quadrado Médio.

**Tabela 2:** Análise de Multivariância (MANOVA) com duas variáveis dependentes (dureza Knoop no topo e dureza Knoop na base) e duas variáveis independentes (material da matriz e distância da luz).

De forma a estudar as diferenças existentes entre os tipos de material utilizados, foram efectuadas comparações múltiplas segundo o método de Tukey (Tabela A.4 e Tabela A.5 em anexo). A Figura 9 apresenta os valores médios (desvio padrão) de microdureza Knoop no topo e na base para cada material isolado, independentemente da distância da luz, uma vez que esta variável não obteve significância estatística.



**Figura 9:** Valores médios (desvio padrão) de microdureza Knoop (KHN) no topo e na base, comparando os vários materiais, independentemente da distância da luz (n=20). Letras diferentes indicam diferenças estatisticamente significativas entre os grupos, sendo que as letras maiúsculas correspondem ao topo e as letras minúsculas à base.

Em relação à análise da microdureza no topo dos espécimes, os grupos Com tira de acetato apresentaram valores estatisticamente superiores a todos os grupos ( $p < 0,05$ ). Por sua vez, o material Bite-perf demonstrou valores de microdureza estatisticamente inferiores em relação à utilização de acetato, mas estatisticamente superiores aos restantes grupos ( $p < 0,05$ ). Nas comparações entre os grupos Sem utilização de acetato, grupos do material Registrado Clear e do material Memosil 2, os respectivos valores não revelaram diferenças estatisticamente significativas ( $p \geq 0,05$ ).

Em relação às medições na base dos espécimes, o material Bite-perf apresentou valores de microdureza estatisticamente inferiores em relação a todos os outros grupos ( $p < 0,05$ ). Os restantes valores de microdureza na base não foram significativamente diferentes ( $p \geq 0,05$ ).

## 5. Discussão

Neste estudo avaliou-se a influência da interposição de diferentes materiais a serem utilizados como matriz oclusal na polimerização de uma resina composta, através dos valores absolutos de microdureza de Knoop, tanto no topo como na base do espécime.

Uma correta polimerização da resina composta é crucial para que se consigam boas propriedades físicas do material (Ferracane & Greener, 1986; Emami & Söderholm, 2003) e, por conseguinte, uma boa performance clínica da restauração (Ferracane, 2013). A eficácia da polimerização pode ser avaliada tanto por métodos diretos, determinando o grau de conversão, como por métodos indiretos, através da profundidade de polimerização. Os métodos diretos incluem a espectroscopia por infravermelhos (Ferracane, 1985; Ferracane & Greener, 1986) e a espectroscopia Raman (Emami & Söderholm, 2003; Rode *et al.*, 2007), enquanto os métodos indiretos mais utilizados são a remoção manual por raspagem do material não polimerizado (*scrape-back lenght*) ou os testes de microdureza (Ferracane 1985; De Wald & Ferracane 1987). Apesar de estar demonstrado que os métodos diretos são mais precisos, os testes de microdureza, Knoop e Vickers, são bastante mais simples e menos dispendiosos e apresentam também uma boa correlação com o grau de conversão (De Wald & Ferracane, 1987; Bouschlicher *et al.*, 2004; Rode *et al.*, 2007), ou seja quanto maior o grau de conversão, maior a dureza do compósito (De Wald & Ferracane, 1987; Rode *et al.*, 2007). Inclusivamente aparentam ser mais eficazes que o método ISO (ISO 4049, 2000), o qual foi demonstrado inflacionar os valores de profundidade de polimerização (Moore *et al.*, 2008; Flury *et al.*, 2012). Existem estudos que demonstram que existe uma correlação linear entre os métodos Knopp e Vickers (Hofmann *et al.*, 2000; Poskus *et al.*, 2004), no entanto o teste da microdureza Knoop parece ser o mais indicado para avaliar materiais poliméricos, nomeadamente resinas compostas, uma vez que, segundo Souza (1982, cit. por Poskus, 2004), minimiza o efeito de recuperação elástico característico destes materiais.

No caso de se pretender comparar diferentes compósitos deverá recorrer-se ao *ratio* de microdureza (Bouschlicher *et al.*, 2004), que é obtido pela razão entre os valores de microdureza da base e os valores de microdureza da superfície. No entanto, caso se pretenda estudar apenas um compósito específico, segundo Ferracane (1985),

podem ser utilizados os valores de microdureza absolutos. No presente estudo, uma vez que só foi utilizado um compósito, apenas se analisaram os valores absolutos de microdureza Knoop, no topo e na base dos espécimes, permitindo determinar a polimerização superficial e em profundidade respetivamente. Acrescenta-se ainda que a utilização de *ratio* de microdureza no presente estudo seria grandemente dificultada, se não mesmo inviável, uma vez que determinados grupos registaram valores de microdureza no topo mais baixos dos que na base, o que levaria a *ratio* invertidos.

Neste estudo, utilizou-se um dente natural como material refletor da radiação luminosa do fotopolimerizador, pois parece ser a maneira mais correta de reproduzir a realidade clínica (Portugal, 2008), uma vez que a reflexão da luz do fotopolimerizador na estrutura dentária remanescente pode influenciar a reação de polimerização dos compósitos (de Jong, 2007).

Antes da realização dos testes de microdureza, os espécimes foram armazenados numa câmara escura durante 24 horas, para garantir a obtenção do grau de conversão máximo, uma vez que a reação de polimerização da resina composta não se limita ao período de tempo em que esta é sujeita à exposição luminosa. Sabe-se que ocorre um fenómeno de polimerização pós-irradiação que é significativo nas primeiras 24 horas (Pilo & Cardash, 1992; Mobarak et al., 2009). O armazenamento foi feito em câmara escura para garantir que a luz não interferia na polimerização pós-irradiação, e em meio de humidade relativa de 100% a 37 °C, de modo a aproximar-se das condições clínicas verificadas na cavidade oral.

A análise de resultados obtidos revelou que a utilização do material Bite-perf como matriz oclusal leva a uma profundidade de polimerização diminuída, quando comparada com a obtida sem utilização de matriz ou com a utilização de uma matriz confeccionada a partir dos outros materiais estudados. Tanto o Registrado Clear como o Memosil 2 apresentaram valores de microdureza compatíveis com profundidades de polimerização semelhantes às verificadas quando não se utilizou nenhum material como matriz. Estes resultados sugerem que a interposição do Bite-perf afeta a transmissão da luz do fotopolimerizador, conduzindo a uma polimerização em profundidade de uma resina composta, com 2 mm de espessura, menos eficaz. Esta diminuição de eficácia pode justificar uma aplicação de luz adicional, após ser removido o material, tal como sugerem empiricamente alguns autores (Castro et al., 1997; Dekon et al., 2011).

Assim, tanto a primeira hipótese como a segunda hipóteses nula foram rejeitadas, uma vez que a profundidade de polimerização é influenciada pela utilização de uma matriz oclusal e pelo material utilizado para esse efeito.

Quanto à espessura do material utilizado como matriz, é um fator difícil de controlar clinicamente, uma vez que a matriz é produzida pelo clínico exercendo pressão contra o dente. A porção termoplástica do dispositivo Bite-perf originalmente possui uma espessura de 4 mm (Castro et al., 1997), o que leva a que, depois de aquecido e moldado ao dente, se espere a obtenção de uma espessura inferior. No caso dos PVS, a espessura da matriz irá depender somente da pressão exercida, geralmente através de pressão digital (Liebenberg, 1996; Mackenzie, 2012). Contudo, em ambos os casos, pretende-se obter a menor espessura possível, sem no entanto perder a rigidez do material. Por esta razão, convencionou-se para este estudo 1 mm e 2 mm como espessuras médias aceitáveis, e que seria interessante controlar a sua eficácia.

Pelos resultados apresentados verificou-se que, para estas espessuras, não existem diferenças significativas ao nível da transmissão da luz, usando o mesmo material. Desta forma a terceira hipótese nula foi aceite. Contudo, quando analisamos detalhadamente os dados estatísticos descritivos (Figura 8 e Tabela A.1 em anexo) observamos uma tendência para a diminuição dos valores no topo dos espécimes de resina nos grupos Bite-perf quando a espessura do material aumenta de 1 mm para 2 mm, sendo que para 1 mm os valores são em tudo semelhantes aos do Grupo 1 (acetato com luz a 1 mm). A análise de todos os grupos testados em conjunto leva provavelmente a uma atenuação deste efeito, não nos permitindo concluir que existiram diferenças para a espessura do material. Contudo, se comprovado este fenómeno estaria em concordância com a diminuição da transmissão da luz de fotopolimerização pelo material Bite-perf, verificada anteriormente em profundidade. O efeito da distância da luz não foi significativo para nenhum material, nem para o grupo em que se utilizou uma tira de acetato (Grupo 1 e 2) ou para o grupo sem tira de acetato em que não houve nenhum material interposto (Grupo 3 e 4) entre a luz e a resina composta. Estes resultados vão ao encontro do verificado por Rode et al. (2007) para fotopolimerizadores do tipo LED, que ao aplicar a luz a uma distância até 3 mm, durante 20 segundos, não encontrou diferenças estatísticas ao nível da microdureza do espécimes de resina composta com 2 mm de profundidade. Lindberg et al. (2004) chegou às mesmas conclusões, aplicando a luz até uma distância de 6 mm.

Uma das possíveis vantagens da utilização de matrizes oclusais, sugerida por diversos autores, seria a obtenção de uma superfície polimerizada com exclusão do contacto com o O<sub>2</sub> (Liebenberg, 1996; Hamilton, 1998; Margraf, 2008; Geddes *et al.*, 2009; Martos, 2010; Dekon *et al.*, 2011; Mackenzie, 2012). Para simular esta situação foi incluído um grupo em que se utilizou uma tira de acetato (Grupo 1 e 2), tal como é sugerido na literatura (Gauthier *et al.*, 2005; Shawkat *et al.*, 2009). A situação oposta, e que se verifica clinicamente, foi representada pelos grupos em que não se utilizou tira de acetato nem qualquer outro material entre o compósito e a luz (Grupos 3 e 4). A análise dos valores de microdureza no topo mostram resultados interessantes. Nenhum dos materiais estudados atingiu valores de microdureza compatíveis com uma polimerização superficial comparável aos espécimes onde se excluiu o contacto com O<sub>2</sub>. Todavia, o Bite-perf demonstrou valores estatisticamente mais elevados do que os grupos controlo sem tira de acetato, o que pode evidenciar ausência de contacto do O<sub>2</sub> com a superfície. A diminuição de valores relativamente ao grupo com tira de acetato poderá dever-se somente à dificuldade de transmissão da luz através do material, tal como foi descrito anteriormente. Também já foi referido que o Biter-perf com 1 mm de espessura (Grupo 9) revela valores tendencialmente semelhantes ao grupo com matriz de acetato (Grupo 1).

Não menos interessantes são os resultados obtidos para os PVS. Ao contrário do que seria de esperar, tanto o Registrado Clear como o Memosil 2 revelaram valores de microdureza no topo bastante baixos e estatisticamente semelhantes aos grupos onde não se utilizou a tira de acetato (Grupos 3 e 4), ou seja, onde ocorreu inibição da polimerização superficial pelo O<sub>2</sub>. Analisando imagens de microscopia ótica com ampliação 40x (Duramin, Struers AVS), obtidas da superfície de topo da resina composta polimerizada utilizando os diversos materiais interpostos como matriz, verifica-se uma rugosidade superior nos espécimes dos grupos dos PVS (Figura B.2 em anexo). Poderia argumentar-se que este facto resultaria de um não isolamento do contacto com o O<sub>2</sub>, o que permitiria a entrada ou acumulação de ar entre a matriz e a superfície da resina. Contudo quando se comparam as imagens de microscopia ótica com ampliação 10x (Duramin, Struers AVS) da superfície dos materiais de matriz, os PVS são os que aparentam ter uma superfície mais lisa (Figura B.1 em anexo),

contrapondo assim a ideia de que a rugosidade do material é responsável pela baixa microdureza no topo dos espécimes destes grupos (Grupo 5, 6, 7 e 8).

Outra hipótese explicativa seria uma inibição química pelo contacto da superfície do PVS com a resina composta não polimerizada. Fazendo os PVS parte do grupo dos materiais poliméricos, são sujeitos a uma reação de polimerização, que por sua vez pode ser inibida por qualquer impureza no monómero que possa reagir com os radicais livres. Tal verifica-se na presença de  $O_2$  (Shen, 2003). Face ao que foi referido, pode sugerir-se que a superfície destes PVS, apesar da presa clínica do material estar concluída no momento em que se aplica como matriz, encontra-se inibida, levando à inibição por contacto da superfície da resina composta. O fenómeno inverso foi verificado por Magne & Nielsen (2009), que concluíram que a camada inibida pelo  $O_2$  presente nos adesivos após serem polimerizados inibe a polimerização dos PVS, afetando assim a qualidade de uma posterior impressão (Hamalian et al., 2011). Com o Bite-perf estas questões não se colocam, já que sendo um material termoplástico a reação de polimerização não se dá nesta altura.

Sabe-se também que há libertação de hidrogénio ( $H_2$ ) durante a polimerização destes materiais, devido a uma reação secundária entre a unidade e hidretos residuais do polímero-base, o que resultou em recomendações para que se esperasse pelo menos uma hora antes dos moldes serem corridos a gesso, quando feitas impressões com estes materiais (Mandikos, 1998; Shen, 2003). No entanto, hoje em dia, os fabricantes já adicionam frequentemente substâncias como paládio ou platina, de modo a capturar o  $H_2$  libertado, contornando desta forma este problema (Mandikos, 1998; Shen, 2003). Não tendo acesso à composição química detalhada dos materiais estudados, não nos é possível afirmar que tal se verifica nestes. Assim, uma das explicações para os baixos valores de microdureza superficial poderá ser a libertação de  $H_2$  pelos PVS, afetando de alguma forma a polimerização da resina composta.

Parece incontestável que os PVS afetam a polimerização superficial da resina composta, sendo contudo necessários mais estudos de modo a compreender quais os fatores que provocam este efeito. Deste modo, a quarta e última hipótese nula foi também rejeitada já que, apesar de tal não se verificar com os PVS, o Bite-perf influencia a polimerização superficial positivamente, contribuindo para a prevenção da inibição da polimerização superficial da resina composta pelo  $O_2$ .



## **6. Conclusões**

Os resultados obtidos neste estudo permitem concluir que:

1. A utilização do Biteperf levou a uma diminuição da profundidade de polimerização da resina composta, revelando interferências na passagem da luz, o que poderá justificar uma polimerização adicional.
2. Os materiais estudados apresentam comportamentos diferentes, uma vez que nem o Registrado Clear nem o Memosil 2 levaram à diminuição da profundidade de polimerização, ou seja demonstraram uma eficaz transmissão da luz do fotopolimerizador.
3. O aumento da espessura de material, de 1 mm para 2 mm, não parece influenciar a passagem da luz. Contudo, para o Biteperf verificou-se uma tendência para a redução da qualidade de polimerização no topo, quando se utilizaram 2 mm de espessura. Justificam-se, assim, mais estudos com amostras de maiores dimensões.
4. Ainda em relação ao Biteperf, apesar de ter apresentado valores de microdureza no topo inferiores à situação controlo, o que pode dever-se à interferência do material na passagem de luz, o Biteperf indicia bons resultados na prevenção da inibição da camada superficial pelo O<sub>2</sub>.
5. Os PVS exibiram baixos valores de microdureza no topo, sugerindo uma inibição da polimerização da camada superficial da resina composta. Contudo são necessários mais estudos para se perceber quais os fatores que levam a esse efeito.

## **Referências Bibliográficas**

1. Aravamudhan K, Rakowskib D, Fan PL (2006). Variation of depth of cure and intensity with distance using LED curing lights. *Dent Mater* 22(11):988-994.
2. Baratieri LN, Monteiro S Jr, Correa Márcio, Ritter AV (1996). Posterior resin composite restorations: A new technique. *Quintessence Int* 27(11):733-738.
3. Bouschlicher MR, Rueggeberg FA, Wilson BM (2004). Correlation of bottom-to-top surface microhardness and conversion ratios for a variety of resin composite compositions. *Oper Dent* 29(6):698-704.
4. Burgess JO, Walker R, Davidson JM (2002). Posterior resin-based composite: review of the literature. *Pediatr Dent* 24(5):465-479.
5. Castro JJ, Keogh TP, Llamas Cadaval R, Jiménez Planas A (1997). A new system for the transferral of the occlusal morphology in posterior direct composite resin restorations. *J Esthet Dent* 9(6):311-316.
6. de Jong LC, Opdam NJ, Bronkhorst EM, Roeters JJ, Wolke JG, Geitenbeek B (2007). The effectiveness of different polymerization protocols for class II composite resin restorations. *J Dent* 35(6):513-520.
7. Dekon SF, Pereira LV, Zavanelli AC, Resende C, Santos DM (2011). An effective technique to posterior resin composite restorations. *J Contemp Dent Pract* 12(6):506-510.
8. Demarco FF, Corrêa MB, Cenci MS, Moraes RR, Opdam NJ (2012). Longevity of posterior composite restorations: not only a matter of materials. *Dent Mater* 28(1):87-101.
9. DeWald JP, Ferracane JL (1987). A comparison of four modes of evaluating depth of cure of light-activated composites. *J Dent Res* 66(3):727-730.
10. Emami N, Söderholm KJ (2003). How light irradiance and curing time affect monomer conversion in light-cured resin composites. *Eur J Oral Sci* 111(6):536-542.

11. Ferracane JL (1985). Correlation between hardness and degree of conversion during the setting reaction of unfilled dental restorative resins. *Dent Mater* 1(1):11-14.
12. Ferracane JL, Greener EH (1986). The effect of resin formulation on the degree of conversion and mechanical properties of dental restorative resins. *J Biomed Mater Res* 20(1):121-131.
13. Ferracane JL (2011). Resin composite - State of the art. *Dent Mater* 27(1):29-38.
14. Ferracane JL (2013). Resin-based composite performance: are there some things we can't predict? *Dent Mater* 29(1):51-58.
15. Flury S, Hayoz S, Peutzfeldt A, Hüsler J, Lussi A (2012). Depth of cure of resin composites: is the ISO 4049 method suitable for bulk fill materials? *Dent Mater* 28(5):521-528.
16. Gauthier MA, Stangel I, Ellis TH, Zhu XX (2005). Oxygen inhibition in dental resins. *J Dent Res* 84(8):725-9.
17. Geddes A, Craig J, Chadwick RG (2009). Preoperative occlusal matrix aids the development of occlusal contour of posterior occlusal resin composite restorations - clinical rationale and technique. *Br Dent J* 206(6):315-317.
18. Goracci G, Mori G (1999). Esthetic and functional reproduction of occlusal morphology with composite resins. *Compend Contin Educ* 20(7):643-648.
19. Hamalian TA, Nasr E, Chidiac JJ (2011). Impression materials in fixed prosthodontics: influence of choice on clinical procedure. *J Prosthodont* 20(2):153-160.
20. Hamilton JC, Krestik KE, Dennison JB (1998). Evaluation of custom occlusal matrix technique for posterior light-cured composites. *Oper Dent* 23(6):303-307.
21. Heintze SD, Rousson V (2012). Clinical effectiveness of direct class II restorations - a meta-analysis. *J Adhes Dent* 14(5):407-431.
22. Hofmann N, Hugo B, Schubert K, Klaiber B (2000). Comparison between a

- plasma arc light source and conventional halogen curing units regarding flexural strength, modulus, and hardness of photoactivated resin composites. *Clin Oral Investig* 4(3):140-7.
23. ISO (2000) Dentistry - Polymer - Based filling, restorative and luting materials. ISO 4049:2000(E).
24. Krämer N, Lohbauer U, García-Godoy F, Frankenberger R (2008). Light curing of resin-based composites in the LED era. *Am J Dent* 21(3):135-142.
25. Leni F (2001). Facilitating reproduction of occlusal anatomy of posterior composite restorations: the mini-matrix. *Pract Proced Aesthet Dent* 13(7):539-544.
26. Liebenberg WH (1996). Occlusal index-assisted restitution of esthetic and functional anatomy in direct tooth-colored restorations. *Quintessence Int* 27(2):81-88.
27. Lindberg A, Peutzfeldt A, van Dijken JW (2004). Curing depths of a universal hybrid and a flowable resin composite cured with quartz tungsten halogen and light-emitting diode units. *Acta Odontol Scand* 62(2):97-101.
28. Mackenzie L, Burke FJ, Shortall AC (2012). Posterior Composites: A Practical Guide Revisited. *Dent Update* 39:211-216.
29. Magne P, Nielsen B (2009). Interactions between impression materials and immediate dentin sealing. *J Prosthet Dent* 102(5):298-305.
30. Mandikos MN (1998). Polyvinyl siloxane impression materials: an update on clinical use. *Aust Dent J* 43(6):428-434.
31. Margraf, MT (2008). Técnica da matriz oclusal para restaurações com resinas compostas em dentes posteriores: caso clínico. *Rev ABO nac* 16(1):57-60.
32. Martos J, Silveira LM, Ferrer-Luque CM, González-López S (2010). Restoration of posterior teeth using occlusal matrix technique. *Indian J Dent Res* 21(4):596-599.

33. Meyer GR, Ernst CP, Willershausen B (2002). Decrease in power output of new light-emitting diode (LED) curing devices with increasing distance to filling surface. *J Adhes Dent* 4(3):197–204.
34. Mobarak E, Elsayad I, Ibrahim M, El-Badrawy W (2009). Effect of LED light-curing on the relative hardness of tooth-colored restorative materials. *Oper Dent* 34(1):65-71.
35. Moore BK, Platt, JA, Borges G, Chu TM, Katsilieri I (2008). Depth of cure of dental resin composites: ISO 4049 depth and microhardness of types of materials and shades. *Oper Dent* 33(4):408-412.
36. Pilo R, Cardash HS (1992). Post-irradiation polymerization of different anterior and posterior visible light-activated resin composites. *Dent Mater* 8(5):299-304.
37. Portugal, J (2008). Efeito das condições de fotopolimerização sobre o desempenho laboratorial e clínico de um sistema adesivo ortodôntico. Tese de Doutorado. Universidade de Lisboa.
38. Poskus LT, Placido E, Cardoso PE (2004). Influence of placement techniques on Vickers and Knoop hardness of class II composite resin restorations. *Dent Mater* 20(8):726-732.
39. Rode KM, Kawano Y, Turbino ML (2007). Evaluation of curing light distance on resin composite microhardness and polymerization. *Oper Dent* 32(6):571-578.
40. Sadowsky SJ (2006). An overview of treatment considerations for esthetic restorations: A review of the literature. *J Prosthet Dent* 96(6):433-442.
41. Shawkat ES, Shorall AC, Addison O, Palin WM (2009). Oxygen inhibition and incremental layer bond strengths of resin composites. *Dent Mater* 25(11):1338-1346.
42. Shen C. (2003). Impression Materials. In: Anusavice KJ. Phillip's Science of Dental Materials. 11<sup>th</sup> ed., Elsevier Science, St Louis, MO:205-254.

43. Souza SA (1982). Ensaaios mecânicos de materiais metálicos. Fundamentos teóricos e práticos. 5ª ed., Edgard Blücher, São Paulo: 121-130. In: Poskus LT, Placido E, Cardoso PE (2004). Influence of placement techniques on Vickers and Knoop hardness of class II composite resin restorations. *Dent Mater* 20(8):726-732.

## **Anexo 1 - Tabelas**

**Tabela A. 1:** Estatística descritiva dos valores de microdureza Knoop (*KHN*) no topo e na base.

Material	Distância		<i>KHN</i> topo	<i>KHN</i> base
Acetato	1 mm	Média	69,4200	58,8300
		Desvio padrão	4,83685	3,36487
		Mínimo	59,40	54,40
		Máximo	75,30	63,40
		N	10	10
	2 mm	Média	72,3800	60,9400
		Desvio padrão	3,62822	3,44551
		Mínimo	67,10	55,60
		Máximo	76,40	68,00
		N	10	10
	Total	Média	70,9000	59,8850
		Desvio padrão	4,42980	3,48686
		Mínimo	59,40	54,40
		Máximo	76,40	68,00
		N	20	20
Sem acetato	1 mm	Média	23,0130	62,9330
		Desvio padrão	4,62833	9,99372
		Mínimo	16,90	44,50
		Máximo	30,00	75,40
		N	10	10
	2 mm	Média	22,4800	65,8800
		Desvio padrão	4,19015	13,59933
		Mínimo	17,80	44,10
		Máximo	32,80	81,80
		N	10	10
	Total	Média	22,7465	64,4065
		Desvio padrão	4,30562	11,71317
		Mínimo	16,90	44,10
		Máximo	32,80	81,80
		N	20	20
Registrado Clear	1 mm	Média	22,7970	62,6650
		Desvio padrão	4,96378	10,64040
		Mínimo	14,47	47,37
		Máximo	32,43	77,47
		N	10	10
	2 mm	Média	23,1270	64,2500
		Desvio padrão	3,18194	8,27347
		Mínimo	18,00	53,20
		Máximo	29,03	77,17
		N	10	10
	Total	Média	22,9620	63,4575
		Desvio padrão	4,06150	9,31207
		Mínimo	14,47	47,37
		Máximo	32,43	77,47
		N	10	20



Memosil 2	1 mm	Média	23,0100	68,7900
		Desvio padrão	3,08849	15,85437
		Mínimo	18,10	43,00
		Máximo	27,70	93,60
		N	10	10
	2 mm	Média	21,5500	61,8200
		Desvio padrão	7,31243	11,06514
		Mínimo	11,20	49,40
		Máximo	34,40	77,50
		N	10	10
	Total	Média	22,2800	62,6650
		Desvio padrão	5,51434	10,64040
		Mínimo	11,20	47,37
		Máximo	34,30	77,47
		N	20	10
Bite-perf	1 mm	Média	67,5950	47,7230
		Desvio padrão	19,31082	8,03092
		Mínimo	37,13	33,70
		Máximo	91,93	56,30
		N	10	10
	2 mm	Média	55,3610	41,0330
		Desvio padrão	13,57561	3,38095
		Mínimo	34,90	37,33
		Máximo	75,17	48,23
		N	10	10
	Total	Média	61,4780	44,3780
		Desvio padrão	17,41626	6,90964
		Mínimo	34,90	33,70
		Máximo	91,93	56,30
		N	20	20
Total	1 mm	Média	41,1670	60,1882
		Desvio padrão	24,32805	12,21516
		Mínimo	14,47	33,70
		Máximo	91,93	93,60
		N	50	50
	2 mm	Média	38,9796	58,7846
		Desvio padrão	22,41548	12,52274
		Mínimo	11,20	37,33
		Máximo	76,40	81,80
		N	50	50
	Total	Média	40,0733	59,4864
		Desvio padrão	23,29883	12,32747
		Mínimo	11,20	33,70
		Máximo	91,93	93,60
		N	100	100

**Tabela A. 2:** Teste de Kolmogorov-Smirnov, para avaliação da normalidade.

		Kolmogorov-Smirnov		
	Material	Estatística	GL	Sig.
KNH topo	Acetato	0,156	20	0,200
	Sem acetato	0,148	20	0,200
	Registrado Clear	0,091	20	0,200
	Memosil 2	0,115	20	0,200
	Bite-perf	0,127	20	0,200
KNH base	Acetato	0,114	20	0,200
	Sem acetato	0,144	20	0,200
	Registrado Clear	0,106	20	0,200
	Memosil 2	0,131	20	0,200
	Bite-perf	0,172	20	0,124

GL – Graus de Liberdade

**Tabela A. 3:** Tese de Levene, para avaliação da homogeneidade de variâncias.

		Estatística Levene	GL 1	GL 2	Sig.
KNH topo	baseado na média	1,022	1	98	0,315
KNH base	baseado na média	0,216	1	98	0,643

GL – Graus de Liberdade

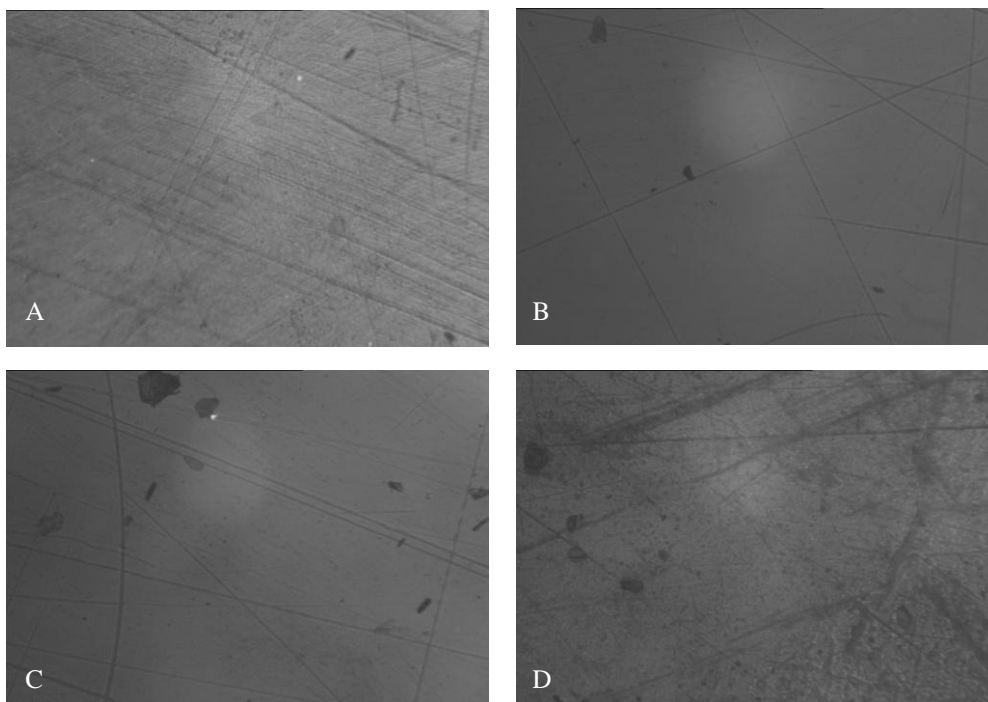
**Tabela A. 4:** Teste *post-hoc* pelo método de Tukey para os valores de microdureza na base dos espécimes.

Material	N	Subconjunto	
		1	2
Bite-perf	20	44,3780	
Acetato	20		59,8850
Sem acetato	20		63,4575
Registrado Clear	20		64,4065
Memosil 2	20		65,3050
Sig.		1,000	0,398

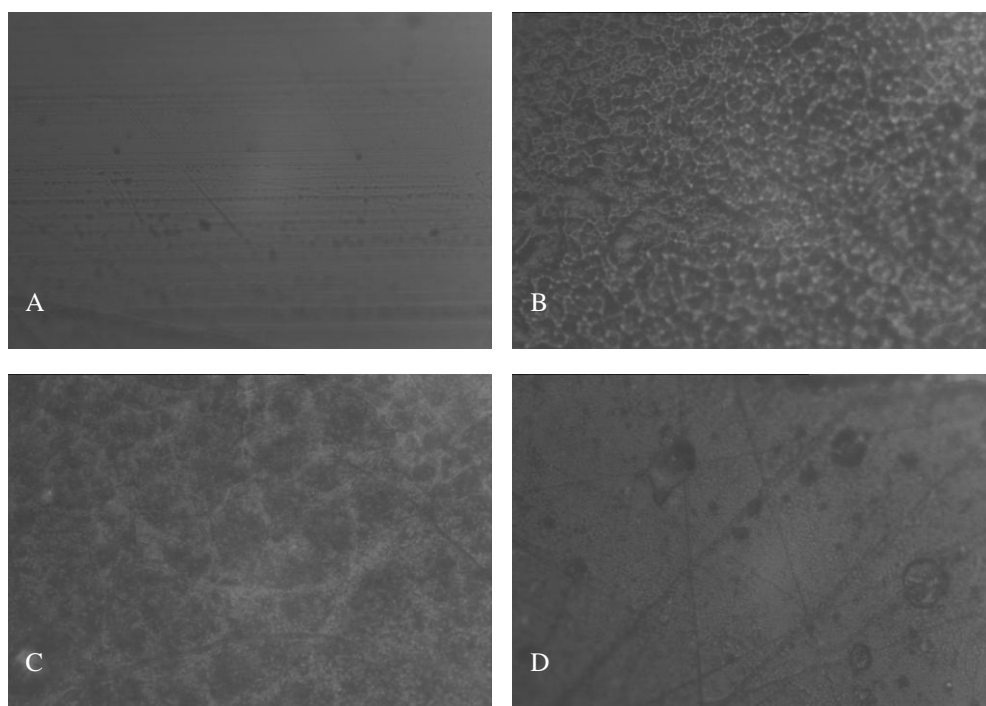
**Tabela A. 5:** Teste *post-hoc* pelo método de Tukey para os valores de microdureza no topo dos espécimes.

Material	N	Subconjunto		
		1	2	3
Memosil 2	20	22,2800		
Sem acetato	20	22,7465		
Registrado Clear	20	22,9620		
Bite-perf	20		61,4780	
Acetato	20			70,9000
Sig.		0,999	1,000	1,000

## **Anexo B - Figuras**



**Figura B. 1:** Imagem de microscopia ótica com ampliação 10x (Duramin 5, Struers AVS) das superfícies dos vários materiais de matriz estudadas. A – tira de acetato; B – matriz de Registrado Clear; C – matriz de Memosil 2; D – matriz de Biter-perf.



**Figura B. 2:** Imagem de microscopia ótica com ampliação 40x (Duramin 5, Struers AVS) da superfície de topo da resina composta (GrandioSO) polimerizada através das várias matrizes estudadas. A – tira de acetato; B – matriz de Registrado Clear; C – matriz de Memosil 2; D – matriz de Biter-perf.